

*Обзор результатов диссертационных исследований магистрантов, аспирантов, докторантов в области нанотехнологий и наноматериалов в строительстве, ЖКХ и смежных отраслях экономики*

УДК 66.011

**КАРПОВ Алексей Иванович**, канд. техн. наук, референт, Международная инженерная академия; Газетный пер., 9, стр. 4, г. Москва, 125009, Российская Федерация, e-mail: info@nanobuild.ru



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ.

Часть 5

С целью популяризации научных достижений в реферативной форме публикуются основные результаты исследований российских и зарубежных ученых.

По направлению «Полимерные нанокompозиты строительного назначения на основе поливинилхлорида» разработаны технологические рекомендации по применению многослойных углеродных нанотрубок, функционализированного серой силикагеля и кремнезоля в рецептурах профильно-погонажных ПВХ-изделий строительного назначения, позволяющие повысить прочность от 12 до 25%, термостабильность от 35 до 50% и снизить вязкость расплавов (увеличивается показатель текучести расплавов ПТР в 2–5 раз); рецептуры и технология производства высоконаполненных строительных композитов на основе функционализированных кремнезолом ПВХ и древесной муки со степенью наполнения до 68 масс.% при увеличении ПТР в 12 раз и повышении термостабильности на 60%.

Для специалистов также интересны результаты исследований Маевой И.С. «Модификация ангидритовых композиций ультра- и нанодисперс-

ными добавками»; Чеботаревой Е.Г. «Наномодифицированные композиты строительного назначения с использованием эпоксидиановой смолы»; Володченко А.А. «Безавтоклавные силикатные материалы с использованием природного нанодисперсного сырья»; Попкова О.В. «Получение и свойства металлсодержащих наночастиц (Fe, Co, Ni, Zn, Ce, Cd, Pd, Ag, Mo), стабилизированных наноалмазом детонационного синтеза и полиэтиленом высокого давления»; Фрони М.А. «Комплексное исследование механических свойств и структуры полимерных композитных материалов с наполнителями в виде модификаций углерода: нанотрубки и ультрадисперсные алмазы», Бабаева М.С. «Получение и исследование наночастиц полимер-коллоидных комплексов на основе полимеров N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида и додецилсульфата натрия» и др.

Публикуемые материалы могут быть использованы специалистами в научной и практической деятельности в строительстве, ЖКХ, смежных отраслях экономики.

**Ключевые слова:** полимерные нанокомпозиты строительного назначения, наночастицы, наносистемы.

DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2014-6-5-68-85](https://doi.org/10.15828/2075-8545-2014-6-5-68-85)

## **Полимерные нанокомпозиты строительного назначения на основе поливинилхлорида**

### **Актуальность**

Композиционные материалы широко распространены в различных сферах экономики и, в общем случае, представляют собой материалы, состоящие из двух или более фаз с четкими границами раздела, взаимодействие по которым приводит к изменению или появлению новых свойств, отличных от свойств исходных компонентов [1]. В последнее время среди композиционных материалов, в том числе, строительных, стали выделять особый класс – нанокомпозиты, которые можно определить как многофазные твердые материалы, где хотя бы одна из фаз имеет средний размер в нанодиапазоне (до 100 нм), или структуры, имеющие повторяющиеся наноразмерные промежутки между различными фазами. К основным достоинствам полимерных нанокомпозиционных

материалов (ПНКМ) можно отнести повышение эксплуатационных свойств: механической прочности, модуля упругости, тепло- и термостойкости, трещиностойкости, стабильности размеров изделий, а также стойкости к агрессивным средам. Существуют различные пути создания нанокompозитов, но, по определению академика С. Алдошина, «цель работ, проводимых в области полимерных наноматериалов, – это создание полимерных нанокompозитов, модифицированных за счет введения наночастиц» [2]. Получение их осложнено труднорешаемой сегодня задачей – на предварительном этапе приготовления специфические свойства наноразмерных частиц (НРЧ), вводимые в микроколичествах, создают серьезные проблемы по их равномерному распределению по всему объему полимера, что является принципиально важным.

В качестве термопластичных матриц в ПНКМ используют полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, полиамиды и их смеси. В мировой практике преобладают три полимера: полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП) и поливинилхлорид (ПВХ). Из них по объемам применения доля полиэтилена составляет 31,3%, а поливинилхлорида и полипропилена – примерно по 12%.

Малое количество работ, акцентированных на разработке ПНКМ на основе ПВХ, обладающих заведомо лучшими показателями, чем полиолефины, обусловлено проблемами при его переработке:

1. нестабильностью ПВХ при энергетических воздействиях в процессе переработки. При термомеханическом воздействии в ПВХ могут идти реакции дегидрохлорирования, деструкции, структурирования;
2. высокой вязкостью расплавов, осложняющей полное равномерное диспергирование НРЧ в матрице ПВХ.

Отсутствие доступных современных методов распределения НРЧ в полимерной матрице приводит к тому, что частицы находятся в полимерной матрице в виде агрегатов, и это может негативно влиять на эксплуатационные свойства полимерного материала.

Таким образом, при создании строительных ПНКМ на основе ПВХ с высоким комплексом эксплуатационных свойств и долговечностью, независимо от природы НРЧ, основными задачами являются: повышение термостабильности композиций, снижение вязкости их расплавов и разработка индивидуальных подходов при разработке способов введения наночастиц в ПВХ-матрицу.

Диссертационная работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (ГК16.740.11.0026) по теме «Физико-химические основы наномодификации строительных материалов на базе линейных и сетчатых полимеров» и в рамках гранта Президента РФ 2013 года по государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук по теме «Разработка составов и технологии изготовления вспененных высоконаполненных наномодифицированных древесно-полимерных композитов на основе ПВХ».

**Цель работы** – создание наномодифицированных ПВХ-композитов строительного назначения на основе обоснованного выбора модификаторов различной природы. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Исходя из вещественного и химического состава, формы и дисперсности нанодобавок обосновать их выбор для эффективной модификации ПВХ-композиций. Предложить гипотезы механизмов модифицирующего действия добавок, основанные на специфике их взаимодействия с полимерной матрицей.
2. Разработать оптимальные способы распределения наномодификаторов в полимерной матрице ПВХ-композиций.
3. Изучить структуру наномодифицированного ПВХ и характер взаимодействия компонентов в композите и провести анализ корреляции их с гипотезными предпосылками.
4. Изучить влияние наномодификаторов на технологические и эксплуатационные свойства жестких ПВХ-композиций, установить оптимальные концентрации наночастиц в композициях.
5. Оценить эффективность выбранных наномодификаторов в составе ПВХ-композиций строительного назначения. Разработать оптимальные базовые рецептуры ПВХ-материалов и изделий и изучить их основные технические показатели и долговечность.

### **Научная новизна работы**

Выявлена и показана высокая эффективность введения различными способами микродоз нанодобавок в состав ПВХ-композиций, оказывающих полифункциональное действие, а именно:

- обнаружено снижение вязкости расплавов в композициях, содержащих от 0,001 до 0,002 м.ч. многослойных углеродных нанотрубок на 100 м.ч. ПВХ, приводящих к увеличению прочности композитов, обусловленное ориентационными и адсорбционными явлениями на границе раздела фаз;
- установлен механизм упрочняющего (повышение прочности на 22%) и стабилизирующего (повышение термостабильности в 2,5 раза) действия функционализированного серой силикагеля, заключающийся в структурировании ПВХ за счет образования сульфидных мостиков между дефектными двойными связями в макромолекуле;
- показана возможность получения высоконаполненных поливинилхлоридных древесно-полимерных композитов (до 68 масс.% древесной муки) за счет одновременной функционализации кремнезолом поверхности частиц древесной муки и зерен ПВХ.

### **Практическая значимость работы**

1. Разработаны технологические рекомендации по применению многослойных углеродных нанотрубок, функционализированного серой силикагеля и кремнезоля в рецептурах профильно-погонажных ПВХ-изделий строительного назначения, позволяющие повысить прочность от 12 до 25% , термостабильность от 35 до 50% и снизить вязкость расплавов (увеличивается показатель текучести расплавов ПТР в 2–5 раз).
2. Разработаны рецептуры и технология производства высоконаполненных строительных композитов на основе функционализированных кремнезолом ПВХ и древесной муки со степенью наполнения до 68 масс.% при увеличении ПТР в 12 раз и повышении термостабильности на 60% .

**Достоверность результатов, научных выводов и рекомендаций** диссертационной работы обеспечиваются большим объемом экспериментальных данных, полученных современными методами исследований (оптическая и электронная микроскопия, ИК-спектроскопия, химический и термический анализы, дифференциальная сканирующая калориметрия), корреляцией экспериментальных результатов, полученных разными независимыми методами испытаний и исследований.

## **Апробация работы**

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на: ежегодных республиканских научно-технических конференциях КазГАСУ (Казань, 2009–2013); XV Академических чтениях РААСН (Казань, 2010); X научно-практической конференции «Нанотехнологии, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (Санкт-Петербург, 2010); Всероссийской школе-семинаре студентов, аспирантов и молодых ученых по тематическому направлению «Конструкционные наноматериалы» (Москва, 2010); VI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов» (Пенза, 2011); III Международной научно-технической конференции «Нанотехнологии и наноматериалы» (Москва, 2011); XIX Всероссийской конференции «Структура и динамика молекулярных систем» (Москва–Йошкар-Ола–Уфа–Казань, 2012); V Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Физикохимия процессов переработки полимеров» (Иваново, 2013).

Для специалистов интересны результаты исследований Маевой И.С. «Модификация ангидритовых композиций ультра- и нанодисперсными добавками» [3]; Чеботаревой Е.Г. «Наномодифицированные композиты строительного назначения с использованием эпоксидиановой смолы» [4]; Володченко А.А. «Безавтоклавные силикатные материалы с использованием природного нанодисперсного сырья» [5] и др.

**Практическая значимость работы Маевой И.С. «Модификация ангидритовых композиций ультра- и нанодисперсными добавками» заключается в следующем:**

1. Разработаны составы с активатором твердения природного и техногенного ангидрита на основе сульфатно-щелочной активации, включающим гидросульфит натрия, портландцемент (соответственно 1% и 2% от массы вяжущего).
2. Разработана методика получения дисперсий с использованием гидродинамической кавитации водного раствора суперпластификатора С-3 с многослойными углеродными нанотрубками диаметром 1015 нм.

3. Предложены составы ангидритовых композиций, модифицированные введением ультрадисперсных добавок, такими как глиноземистая смесь, шунгит, карфосидерит, обожженная глина, рубленое супертонкое базальтовое волокно.
4. Впервые предложены составы ангидритовых композиций, модифицированные нанодисперсными добавками в виде углеродных пластинчатых нанобразований (графены), многослойных углеродных нанотрубок.
5. Предложен способ диспергации углеродных наноструктур методом гидродинамической кавитации в сочетании с поверхностно-активными добавками, обеспечивающими стабильность получаемых дисперсий при хранении в течение длительного времени, до 7 суток, без коагуляции нанодисперсных модифицирующих добавок.

**Достоверность результатов исследований** обеспечена использованием действующих государственных стандартов, нормативных документов и поверенного оборудования, применением современных методов исследования (химического, рентгенофазового, дериватографического, оптико- и электронно-микроскопического анализов), физико-механическими испытаниями и воспроизводимостью результатов при большом объеме экспериментов.

**Научная новизна исследований Чеботаревой Е.Г. «Наномодифицированные композиты строительного назначения с использованием эпоксициановой смолы»:**

Установлен механизм формирования упрочненной структуры эпоксидного (ЭД-20 + Л-20) связующего в присутствии наноструктурирующей комплексной микродобавки, заключающийся в том, что органоминеральная кремнийсодержащая добавка за счет физико-химического взаимодействия функциональных полярных групп и развитой поверхности нанодисперсного пирогенного аморфного кремнезема регулирует структуру эпоксидного связующего, меняет соотношение гетерогенных фаз, увеличивает устойчивость системы, влияет на пространственную ориентацию макромолекул в процессе полимеризации. Это способствует формированию более упорядоченной надмолекулярной структуры с меньшим количеством дефектов.

Выявлены закономерности влияния малых количеств кремнийсодержащих микродобавок на параметры формирования структуры и свойства эпоксидного связующего и наполненных композитов на его основе. Модификация эпоксидиановой смолы комплексной наноструктурирующей кремнийсодержащей добавкой в количествах от 0,5 до 2,5 мас.% повышает прочностные и улучшает эксплуатационные характеристики связующего и наполненных композитов в среднем на 15–25% за счет регулирования надмолекулярной структуры, уменьшения количества дефектов и снижения внутренних напряжений.

Доказано, что токсичность разработанного модифицированного связующего снижается, как за счет использования экологически безопасного отвердителя, так и за счет уменьшения дефектности структуры и пористости, уменьшения миграции во внешнюю среду не прореагировавших компонентов связующего и продуктов деструкции.

**Интересно внедрение результатов исследований Володченко А.А. «Безавтоклавные силикатные материалы с использованием природного нанодисперсного сырья».** Теоретические положения, полученные в данной работе, апробированы в промышленных условиях на ООО «Экостройматериалы» (г. Белгород). Подписан ряд протоколов о намерениях с организациями Белгородской, Орловской и др. областей о промышленном внедрении диссертационной работы.

Для широкомасштабного внедрения результатов научно-исследовательской работы разработаны следующие нормативные документы:

- стандарт организации СТО 02066339-011-2012 «Силикатные камни гидротермального твердения с использованием энергосберегающего сырья»;
- стандарт организации СТО 02066339-012-2012 «Стеновые блоки гидротермального твердения с использованием энергосберегающего сырья»;
- рекомендации по изготовлению стеновых блоков гидротермального твердения с использованием энергосберегающего сырья;
- рекомендации по изготовлению силикатного камня гидротермального твердения с использованием энергосберегающего сырья.

Теоретические положения и результаты экспериментальных исследований диссертационной работы используются в учебном процессе при подготовке инженеров по специальности 270106, 270114, студентов

бакалавриата и магистратуры, обучающихся по направлению «Строительство».

*Не менее интересны для специалистов результаты диссертационных исследований магистрантов, аспирантов, докторантов в области нанотехнологий и наноматериалов в смежных отраслях экономики. Ниже приведен краткий обзор некоторых из них.*

## **Получение и исследование наночастиц полимер-коллоидных комплексов на основе полимеров N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида и додецилсульфата натрия**

### **Актуальность**

Полиэлектролитные комплексы, представляющие собой продукты взаимодействия между макромолекулами полиэлектролитов (ПЭ) и амфифильными поверхностно-активными веществами, обладают уникальными свойствами, не характерными для индивидуальных компонентов. Такие комплексы самопроизвольно образуются при смешении водных растворов компонентов за счет электростатического взаимодействия противоположно заряженных групп полиэлектролита и ПАВ, а также гидрофобных взаимодействий не полярных фрагментов ионов ПАВ, приводящих к образованию в частицах комплекса мицеллярной фазы. В определенных условиях такие полиэлектролитные комплексы с нестехиометрическим соотношением компонентов существуют в виде агрегативно устойчивых систем коллоидных частиц (полимер-коллоидные комплексы). Способность мицеллярной фазы полимер-коллоидных комплексов (ПКК) солюбилизировать различные органические соединения лежит в основе их использования для решения разных задач в области экологии, техники и медицины. В последнее время четко обозначился интерес к частицам полиэлектролитных комплексов со стороны наномедицины и обусловлен он перспективой создания на их основе наноформ адресной доставки лекарственных соединений и различных биорегуляторов (ферментов, гормонов, витаминов, активаторов и инги-

биторов различной природы) к органам и тканям. Решение подобных задач выдвигает вполне определенные требования к размерным характеристикам частиц-носителей лекарственных соединений. Однако, на данный момент информации о влиянии тех или иных факторов, включая факторы макромолекулярного строения полиэлектролитов, на размерные характеристики частиц образуемых ПКК явно недостаточно. Изучение этих вопросов актуально и значимо для разработки методов получения и управления характеристиками и свойствами ПКК, как с научной, так и с практической точки зрения [6].

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ ИОХ УНЦ РАН по теме «Высокоэффективные каталитические и иницирующие системы на основе металлокомплексных соединений для модификации синтетических и биогенных полимеров» на 2011–2013 гг. (№ ГР 0120.1152188), а также при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России исследовательских проектов» (госконтракт № 02.740.11.0648 на 2010–2012 гг. и соглашение 8444 от 31.08.12 по заявке 2012-1.1-12-000-1015-027 на 2012-2013 г.г.) Научно-образовательного центра «Химия», созданного ИОХ УНЦ РАН и Башкирским госуниверситетом, и стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики (2013–2015 гг.).

**Цель работы** – установление закономерностей формирования агрегативно устойчивых водных систем наночастиц полимер-коллоидных комплексов на основе (со)полимеров [Ч,]М-диаллил-1\Г,] М-диметиламмоний хлорида, в том числе сопряженных с фармакофорами, с мицеллообразующим ионогенным ПАВ - додецилсульфатом натрия.

В соответствии с целью работы решались задачи:

- Исследование влияния различных факторов:
  - мольного соотношения исходных компонентов;
  - режима смешения компонентов;
  - температуры процесса и присутствия низкомолекулярных электролитов на размеры частиц и устойчивость дисперсий частиц полимер-коллоидных комплексов к агрегации.

- Изучение влияния молекулярных характеристик полимеров [Ч,]М-диаллил-]\Г,]М-диметиламмоний хлорида на их лиофилизирующую способность и размерные характеристики частиц полимер-коллоидных комплексов на их основе.
- Получение сополимера [Ч,]Ч-диаллил-1\Г,]Ч-диметиламмоний хлорида с диоксидом серы, модифицированного лекарственными соединениями в качестве предшественников лекарственных полимер-коллоидных комплексов, оценка влияния модификации полиэлектролита молекулами лекарственных соединений на размеры и устойчивость частиц полимер-коллоидных комплексов к агрегации.

### Научная новизна

Впервые систематически исследованы ПКК на основе (со)полимеров N,N-диаллил-]\Г,]Ч-диметиламмоний хлорида с мицеллообразующим анионным ПАВ – додецилсульфатом натрия, определено влияние мольного соотношения компонентов, условий взаимодействия компонентов, концентрации и ионной силы раствора на размерные характеристики частиц ПКК.

Выявлено влияние молекулярно-массовых характеристик поли-[Ч,]М-диаллил-]\Г,]Ч-диметиламмоний хлорида на его лиофилизирующую способность и размерные характеристики частиц полимер-коллоидных комплексов на их основе. Показано, что с ростом молекулярной массы средний размер частиц ПКК закономерно увеличивается.

Впервые показано, что уменьшение числа ионогенных звеньев в макромолекулах сополимеров [Ч,]М-диаллил-1\Г,]М-диметиламмоний хлорида приводит к увеличению лиофилизирующей способности полиэлектролитов и, соответственно, к закономерному увеличению размеров частиц полимер-коллоидных комплексов на основе данных полиэлектролитов.

Впервые оценены размерные характеристики систем частиц полимер-коллоидных комплексов на основе полисульфонилпирролидиний хлорида, химически модифицированного лекарственными соединениями, и определены условия, при которых они являются наносистемами.

## Практическая значимость

Разработана методика получения водных систем наноразмерных частиц полимер-коллоидных комплексов с размерами частиц и агрегативной устойчивостью, приемлемыми для медицинского использования.

В эксперименте *in vivo* показана более высокая физиологическая эффективность использования водных систем полимер-коллоидных комплексов на основе полисульфонилпирролидиний хлорида, модифицированного лекарственными веществами, в сравнении с индивидуальными лекарственными соединениями.

## Апробация работы

Результаты работы докладывались и обсуждались на VII международной научно-технической конференции «Инновации и перспективы сервиса» (Уфа, 8 декабря 2010); международной молодежной конференции «Ломоносов-2011» (Москва, 11–15 апреля 2011); Молодежной конференция по органической химии (Екатеринбург, 10–14 мая 2011); всероссийской научной конференции «Современные проблемы и инновационные перспективы развития химии высокомолекулярных соединений», посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Сагита Рауфовича Рафикова (Уфа, 31 мая – 2 июня 2012); Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых (Уфа, 14–18 октября 2012); всероссийской молодежной конференции «Синтез, исследование свойств, модификация и переработка высокомолекулярных соединений» (Уфа, 11–14 сентября 2012); международной научно-практической Интернет-конференции «Химическая наука: современные достижения и историческая перспектива» (Казань, 29 марта 2013); всероссийской научной конференции «Теоретические и экспериментальные исследования процессов синтеза, модификации и переработки полимеров» (Уфа, 2–5 октября 2013).

**Также интересны результаты следующих исследований:**

Попков О.В. «Получение и свойства металлсодержащих наночастиц (Fe, Co, Ni, Zn, Ce, Cd, Pd, Ag, Mo), стабилизированных наноалмазом детонационного синтеза и полиэтиленом высокого давления» [7];

**Фроня М.А. «Комплексное исследование механических свойств и структуры полимерных композитных материалов с наполнителями в виде модификаций углерода: нанотрубки и ультрадисперсные алмазы» [8] и др.**

**Например, практическая значимость работы Попков О.В. «Получение и свойства металлосодержащих наночастиц (Fe, Co, Ni, Zn, Ce, Cd, Pd, Ag, Mo), стабилизированных наноалмазом детонационного синтеза и полиэтиленом высокого давления» состоит в следующем:**

1. Синтезированы композиционные материалы на основе наночастиц неорганической природы (Fe-, Co-, Ni-, Zn-, Ce-, Cd-, Pd-, Ag-, Mo-содержащих), локализованных в объеме полиэтиленовой матрицы (ПЭВД) и на поверхности микрогранул наноалмаза детонационного синтеза (ДНА). Также синтезированы гибридные композиционные материалы, в которых в объеме полиэтиленовой матрицы локализованы микрогранулы ДНА, декорированные наночастицами неорганических соединений.
2. Полученные в работе композиционные наноразмерные материалы имеют большую перспективу применения в решении задач электромагнитной совместимости, в частности, при создании многослойных радиопоглощающих материалов и покрытий, обладающих высокой эффективностью, что продемонстрировано в работе. Композиционные наноматериалы, полученные в данной работе, могут быть использованы в качестве модельных систем для изучения их взаимодействия с электромагнитным излучением и создания на их основе метаматериалов с использованием особенности физических свойств веществ в наноразмерном состоянии.

**Редакция электронного издания «Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал» предлагает магистрантам, аспирантам, докторантам опубликовать результаты своих исследований в области нанотехнологий и наноматериалов в строительстве, ЖКХ и смежных отраслях экономики [9].**

**Библиографический список:**

1. *Ашрапов А.Х.* Полимерные нанокомпозиты строительного назначения на основе поливинилхлорида: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Электронная библиотека диссертаций [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dslib.net> (дата обращения: 15.09.2014).
2. *Алдошин С.М.* Полимерные нанокомпозиты – новое поколение полимерных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками / С.М. Алдошин, Э.Р. Бадамшина, Е.Н. Каблов. – М.: Сб. трудов Международного форума по нанотехнологиям «Rusnanotech-08». – 2008. – Т. 1. – С. 385–386.
3. *Карпов А.И.* Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 1 // Нанотехнологии в строительстве. – 2013. – Том 5, № 1. – С. 42–55. URL: [http://nanobuild.ru/ru\\_RU/](http://nanobuild.ru/ru_RU/) (дата обращения: 15.09.2014).
4. *Карпов А.И.* Развитие нанотехнологий в строительстве – актуальнейшая задача ученых и инженеров. Часть 2 // Нанотехнологии в строительстве. – 2013. – Том 5, № 2. – С. 43–54. URL: [http://nanobuild.ru/ru\\_RU/](http://nanobuild.ru/ru_RU/) (дата обращения: 15.09.2014).
5. *Володченко А.А.* Безавтоклавные силикатные материалы с использованием природного нанодисперсного сырья: Автореф. дис. канд. техн. наук: – Электронная библиотека диссертаций [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dslib.net> (дата обращения: 15.09.2014).
6. *Бабаев М.С.* Получение и исследование наночастиц полимер-коллоидных комплексов на основе полимеров N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида и додецилсульфата натрия: Автореф. дис. канд. хим. наук. – Электронная библиотека диссертаций [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dslib.net> (дата обращения: 15.09.2014).
7. *Карпов А.И.* Результаты исследований в области нанотехнологий и наноматериалов. Часть 1 // Нанотехнологии в строительстве. – 2014. – Том 6, № 1. – С. 101–112. – URL: [http://nanobuild.ru/ru\\_RU/](http://nanobuild.ru/ru_RU/) (дата обращения: 15.09.2014).
8. *Фроня М.А.* Комплексное исследование механических свойств и структуры полимерных композитных материалов с наполнителями в виде модификаций углерода: нанотрубки и ультрадисперсные алмазы: Автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. – Электронная библиотека диссертаций [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dslib.net> (дата обращения: 15.09.2014).
9. *Гусев Б.В.* Развитие нанотехнологий – актуальнейшее технологическое направление в строительной отрасли // Нанотехнологии в строительстве. – 2011. – Т. 3, № 2. – С. 6–20. URL: [http://nanobuild.ru/ru\\_RU/](http://nanobuild.ru/ru_RU/) (дата обращения: 15.09.2014).

**Контакты****e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)**

**Уважаемые коллеги!**

**При использовании материала данной статьи просим делать библиографическую ссылку на неё:**

*Карпов А.И.* Результаты исследований в области нанотехнологий и наноматериалов. Часть 5 // Нанотехнологии в строительстве. 2014. – Том 6, № 5. – С. 68–85. URL: [http://nanobuild.ru/ru\\_RU/](http://nanobuild.ru/ru_RU/) (дата обращения: \_\_ \_\_\_\_).

*Karpov A.I.* Results of research in the area of nanotechnologies and nanomaterials. Part 5. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2014, Vol. 6, no. 5, pp. 68–85. Available at: [http://nanobuild.ru/en\\_EN/](http://nanobuild.ru/en_EN/) (Accessed \_\_ \_\_\_\_). (In Russian).

*The review of the results of master, Ph.D. and Doctorates research in the area of nanotechnologies, nanomaterials, housing and communal services and joint economic spheres*

УДК 66.011

**KARPOV Alexey Ivanovich**, Ph.D. in Engineering, referent, International Academy of Engineering; Gazetny str., 9, bld. 4, 125009, Moscow, Russian Federation, e-mail: info@nanobuild.ru



## **RESULTS OF RESEARCH IN THE AREA OF NANOTECHNOLOGIES AND NANOMATERIALS. Part 5**

To popularize scientific achievements in construction the main results of Russian and foreign scientists' research are published in the form of abstract.

These are main results of the research «Polymer construction nanocomposites based on polyvinylchloride»: technological recommendations on the use of multi-layer carbon nanotubes, silicagel functionalized with the sulfur and silica sol in receipts of shape-moulded PVC-products for construction industry which allow increasing strength by 12–25%, thermal stability by 35–50% and decreasing melt viscosity (molding index increases 2–5 times); receipts and technology for production of high-filled construction composites based on PVC functionalized with silica sol and wood flour with population up to 68 mass.% when molding index is increased 12 times and thermal stability is increased by 60%.

The specialists may be interested in the results of the following research:

- I.S. Maeva «Modification of anhydride compositions with ultra- and nanodispersed additives»;
- E.G. Chebotareva «Nanomodified composites of construction purpose with the use of epoxy resin»;

- A.A. Volodchenko «Non-autoclave silicate materials with the use of natural nanodispersed raw materials»;
- O.V. Popkova «Production and properties of metal-containing nanoparticles (Fe, Co, Ni, Zn, Ce, Cd, Pd, Ag, Mo), stabilized by nanodiamond of denotational synthesis and high pressure polyethylene»;
- M.A. Fronya «Complex study of mechanical properties and structure of polymer composite materials with carbon modification fillers: nanotubes and ultra-dispersed diamonds»;
- M.S. Babaeva «Production and study of nanoparticles of polymer-colloid complexes based on polymers of N,N-diallyl-N,N-chloride dimethylammonium and natrium dodecylsulfate».

Published materials can be used by the specialists in their scientific and practical activities in construction, housing and communal services as well as in the joint economical spheres.

**Key words:** construction polymer nanocomposites, nanoparticles, nanosystems.

DOI: [dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2014-6-5-68-85](http://dx.doi.org/10.15828/2075-8545-2014-6-5-68-85)

### *References:*

1. *Ashrapov A.Kh.* Polimernye nanokompozity stroitel'nogo naznachenija na osnove polivinilhlorida: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk. – Jelektronnaja biblioteka dissertacij [Polymer construction nanocomposites based on polyvinylchloride] Abstract of Ph.D. thesis. Electronic library of theses. Available at: <http://dslib.net> (date of access: 15.09.2014).
2. *Aldoshin S.M.* Polimernye nanokompozity – novoe pokolenie polimernyh materialov s povyshennymi jekspluatacionnymi harakteristikami [Polymer nanocomposites – a new generation of polymer materials with increased performance characteristics] S.M. Aldoshin, Je.R. Badamshina, E.N. Kablov. Moscow, Proc. of the International Forum on Nanotechnologies «Rusnanotech-08». 2008, V. 1, pp. 385–386.
3. *Karpov A.I.* Development of nanotechnologies in construction – a task which is of great importance for scientists and engineers. Part 1. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2013, Vol.5, no. 1, pp. 42–55. Available at: [http://nanobuild.ru/en\\_EN/](http://nanobuild.ru/en_EN/) (Accessed: 15.09.2014). (In Russian).
4. *Karpov A.I.* Development of nanotechnologies in construction – a task which is of great importance for scientists and engineers. Part 2. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2013, Vol.5, no. 2, pp. 43–54. Available at: [http://nanobuild.ru/en\\_EN/](http://nanobuild.ru/en_EN/) (Accessed: 15.09.2014). (In Russian).

5. *Volodchenko A.A.* Bezavtoklavnye silikatnye materialy s ispol'zovaniem prirodnogo nanodispersnogo syr'ja: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk: - Jelektronnaja biblioteka dissertacij [Non-autoclave silicate materials with the use of natural nanodispersed raw materials]. Abstract of Ph.D. thesis. Electronic library of theses. Available at: <http://dslib.net> (Date of access: 15.09.2014).
6. *Babaev M.S.* Poluchenie i issledovanie nanochastic polimer-kolloidnyh kompleksov na osnove polimerov N,N-diallil-N,N-dimetilammonij hlorida i dodecilsul'fata natrija [Production and study of nanoparticles of polymer-colloid complexes based on polymers of N,N-diallyl-N,N-chloride dimethylammonium and sodium dodecylsulfate] Abstract of Ph.D. thesis. Electronic library of theses. Available at: <http://dslib.net> (Date of access: 15.09.2014).
7. *Karpov A.I.* Results of research in the area of nanotechnologies and nanomaterials. Part 1. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2014, Vol. 6, no. 1, pp. 101–112. Available at: [http://nanobuild.ru/en\\_EN/](http://nanobuild.ru/en_EN/) (Accessed: 15.09.2014). (In Russian).
8. *Fronya M.A.* Kompleksnoe issledovanie mehanicheskikh svojstv i struktury polimernyh kompozitnyh materialov s napolniteljami v vide modifikacij ugleroda: nanotrubki i ul'tradispersnye almazы [Complex study of mechanical properties and structure of polymer composite materials with carbon modification fillers: nanotubes and ultra-dispersed diamonds] Abstract of Ph.D. thesis. Electronic library of theses. Available at: <http://dslib.net> (Date of access: 15.09.2014).
9. *Gusev B.V.* Development of nanotechnologies – the most important technological direction in construction. Nanotechnologies Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2011, Vol. 3, no. 2. pp. 6–20. Available at: [http://nanobuild.ru/ru\\_RU](http://nanobuild.ru/ru_RU) (Accessed: 15.09.2014).

**Dear colleagues!**

**The reference to this paper has the following citation format:**

*Karpov A.I.* Results of research in the area of nanotechnologies and nanomaterials. Part 5. Nanotehnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2014, Vol. 6, no. 5, pp. 68–85. Available at: [http://nanobuild.ru/en\\_EN/](http://nanobuild.ru/en_EN/) (Accessed \_\_ \_\_\_\_ \_\_\_\_). (In Russian).

**Contact information**

**e-mail: [info@nanobuild.ru](mailto:info@nanobuild.ru)**